



Диссертация на соискание степени магистра

РАСЧЁТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ПАНЕЛЕЙ ТРЁХСЛОЙНОГО ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРОЙ СРЕДНЕГО СЛОЯ

Выполнил: студент группы 63602/2

Чекасин В.В.

Руководители: к.т.н., асс.

Немов А.С.,

к.т.н., гл. спец. по расчету прочности ОАО "СНСЗ"

Васильев Р.В.

Санкт-Петербург
2015



План работы

- Технологическая проблемы изготовления ТСПКМ
- Модификация среднего слоя ТСПКМ
- Конечно-элементное исследование прочности ТСПКМ с различной структурой среднего слоя
- Сравнение модификаций и выбор из них наиболее предпочтительной

Преимущества применения ТСПКМ в судостроении

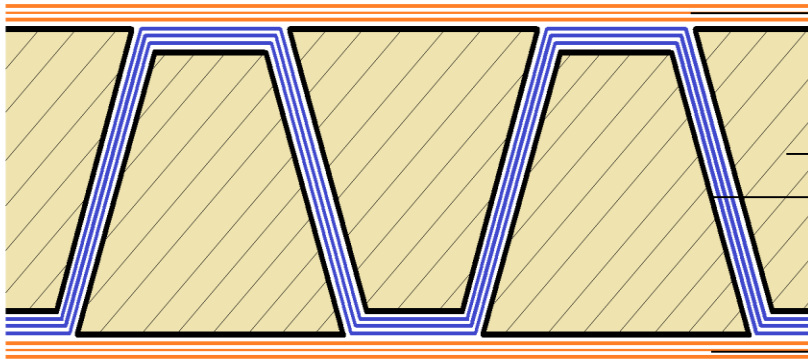
- Малая плотность;
- немагнитность и радиопрозрачность;
- неподверженность коррозии и гниению;
- модифицируемость;
- стойкость к воздействию морских организмов;
- высокая вибростойкость;
- теплоизоляционные свойства



Катамаран «Владивосток»

Структура ТСПКМ

«Sandwich Technology»



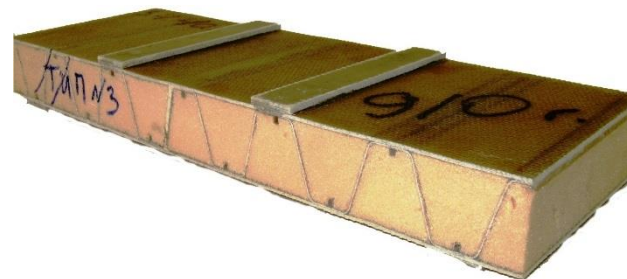
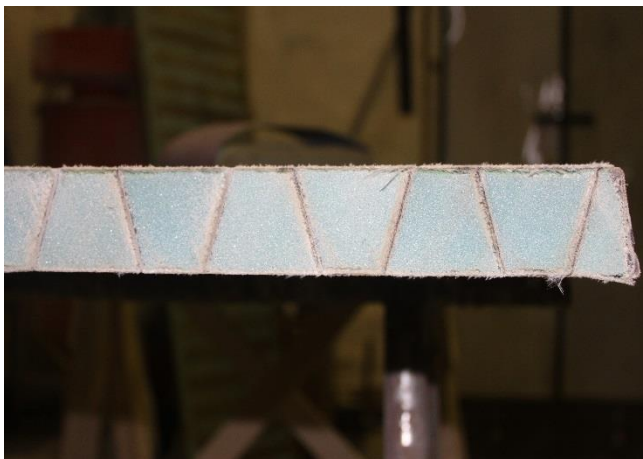
Несущий слой
(несколько слоёв
стеклоткани)

Заполнитель (пенопласт)

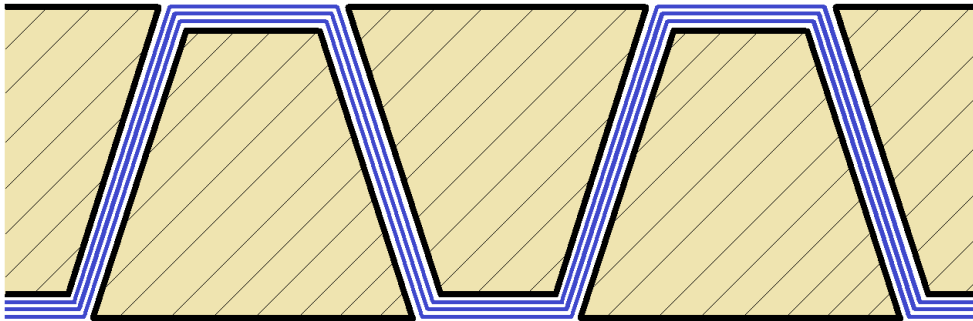
Гофрированный слой
(несколько слоёв
стеклоткани)

Несущий слой
(несколько слоёв
стеклоткани)

средний слой

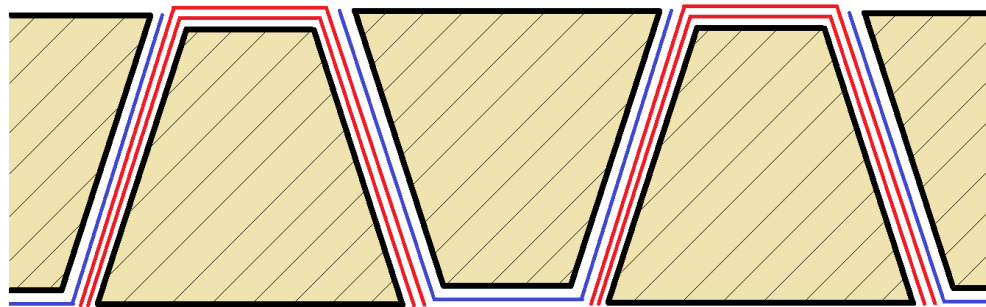


Модификация среднего слоя



Исходная структура среднего слоя.

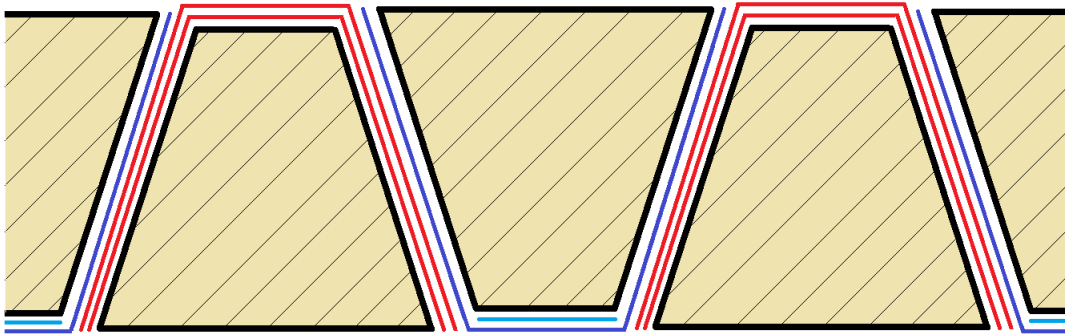
Используется сплошное
полотно стеклоткани



Модификация среднего слоя №1

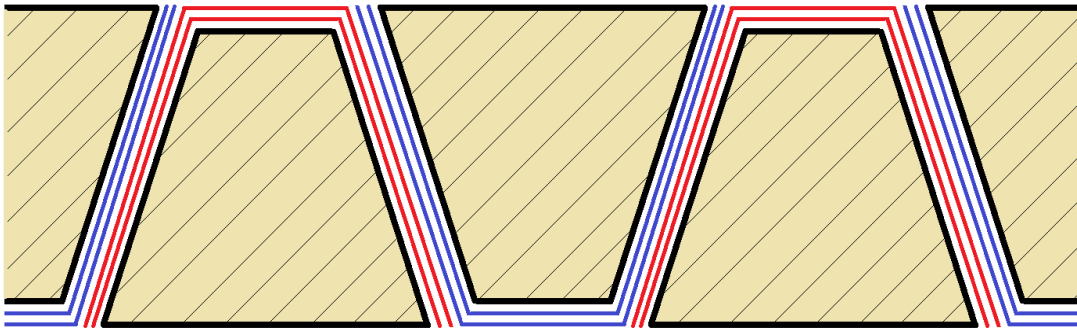
Используется набор полос
стеклоткани для каждого бруска
заполнителя (2 для одного, 1 для
соседнего)

Модификация среднего слоя



Модификация №2

Используются
дополнительные узкие
полосы стеклоткани



Модификация №3

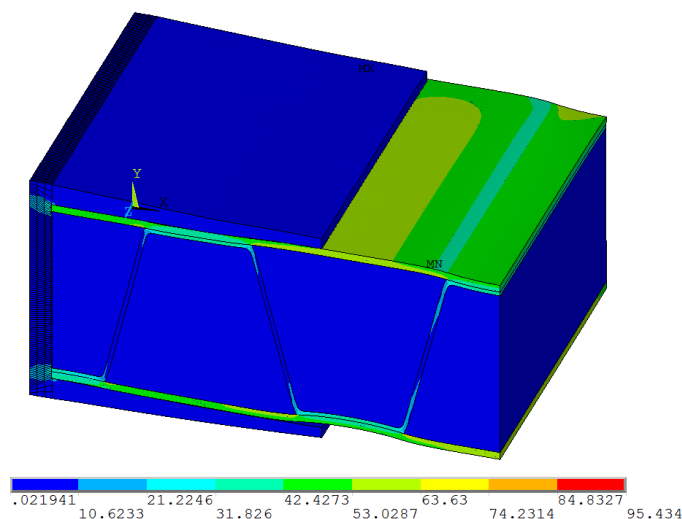
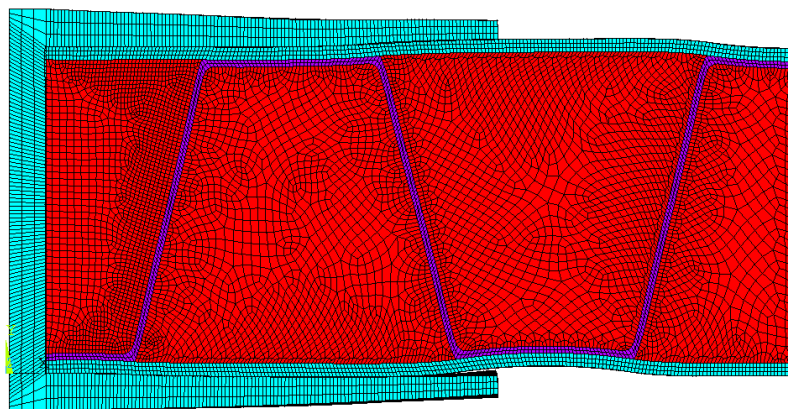
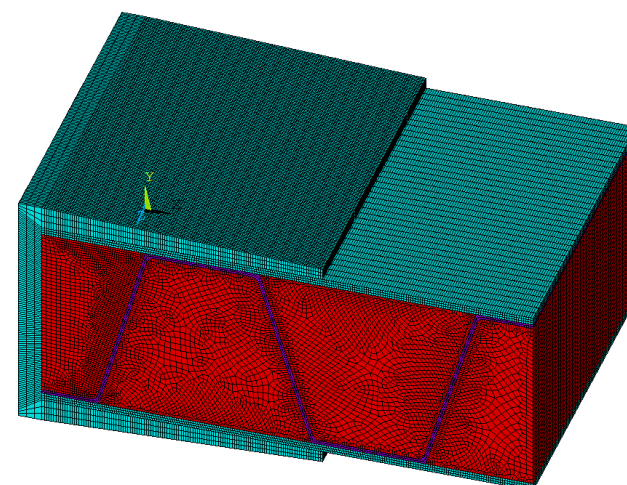
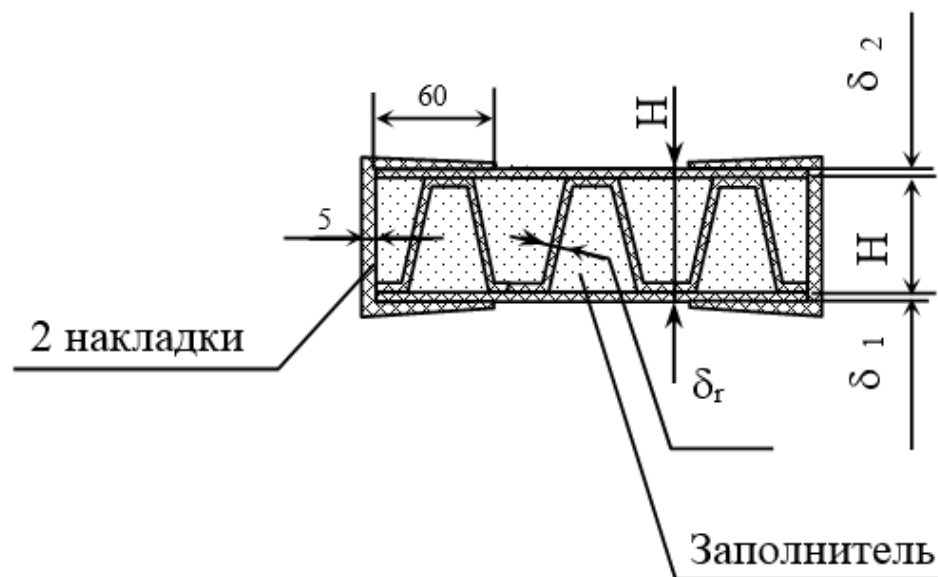
Используется набор полос
стеклоткани для каждого
бруска заполнителя (по 2
для каждого)



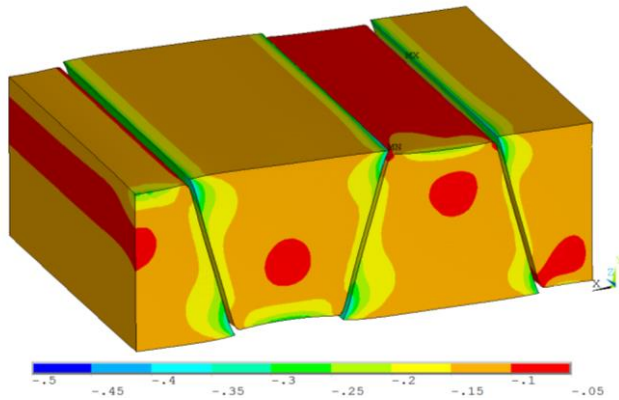
Данные экспериментальных испытаний

Тип испытания	Средняя разрушающая нагрузка, кН	Описание разрушения
Сжатие поперёк гофр	27,9 ($\pm 3,02$)	потеря устойчивости одного из несущих наружных слоев с отрывом от среднего слоя
Сжатие вдоль гофр	54,7($\pm 7,5$)	продольная трещина вблизи торцов вдоль наружных несущих слоев образца
Изгиб поперёк гофр	7,1($\pm 0,47$)	разрушение среднего слоя (пенопласта) в середине полупролета от сдвига вблизи несущего наружного слоя с отслоением нижней полки гофра от несущего слоя
Изгиб вдоль гофр	21,5 ($\pm 1,18$)	разрушение отслоением несущего слоя от среднего (пенопласта) с трещиной под углом около 45 градусов в среднем слое вблизи оси нагружения при изгибе образца
Растяжение	163	расслоение пенопластового заполнителя и, далее, отслоение несущих слоев от полок гофров и стенок от пенопласта

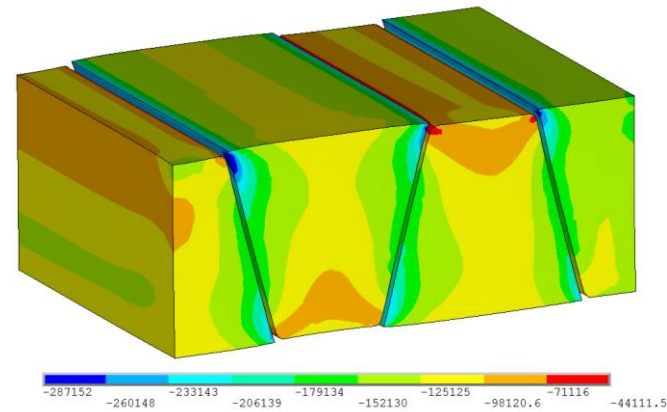
Сжатие поперёк гофр



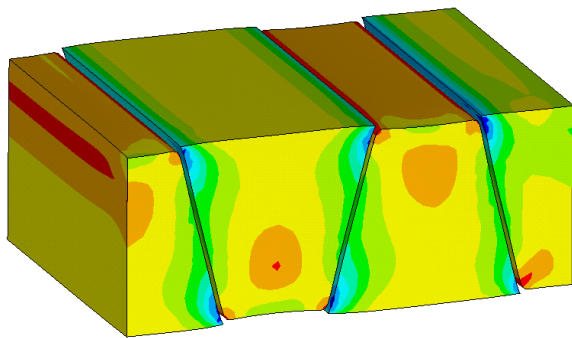
Распределения напряжений σ_z в заполнителе



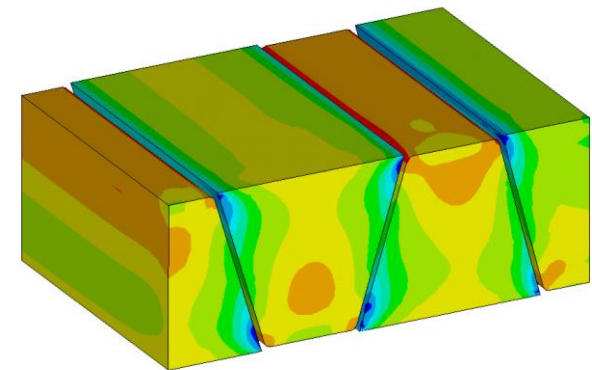
исходная



№1

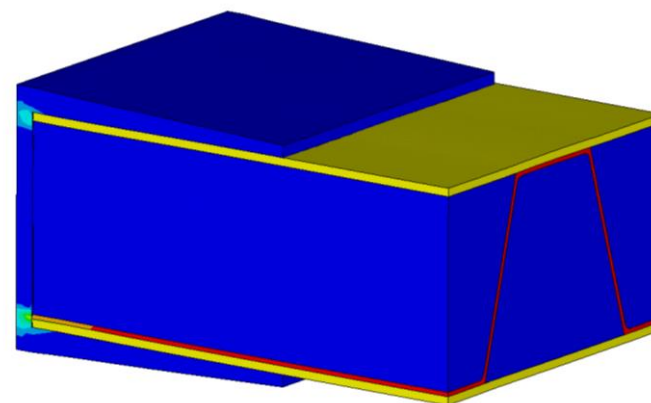
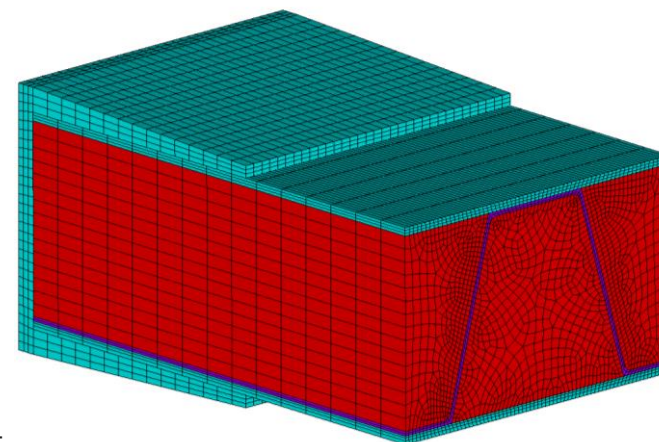
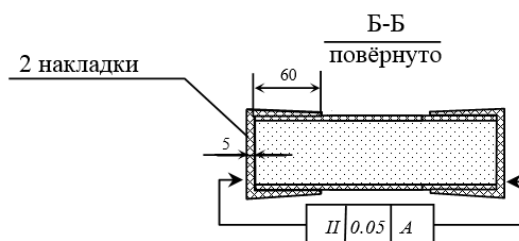
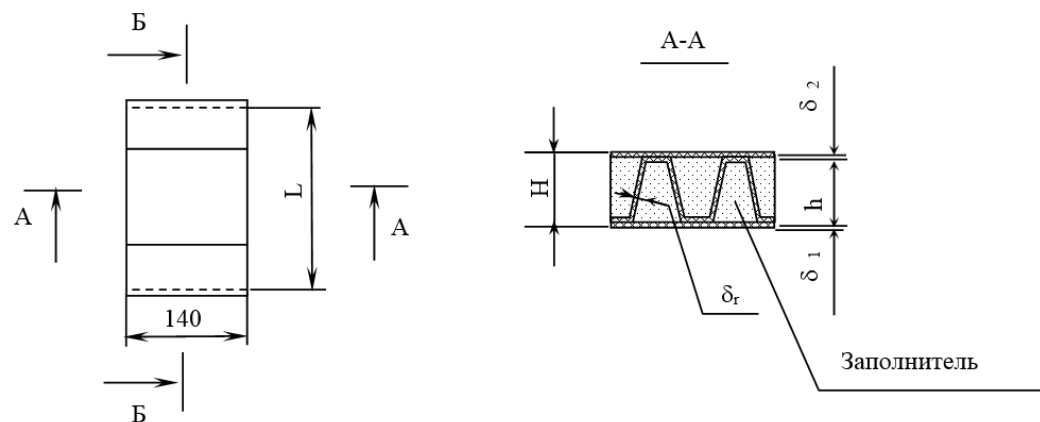


№2

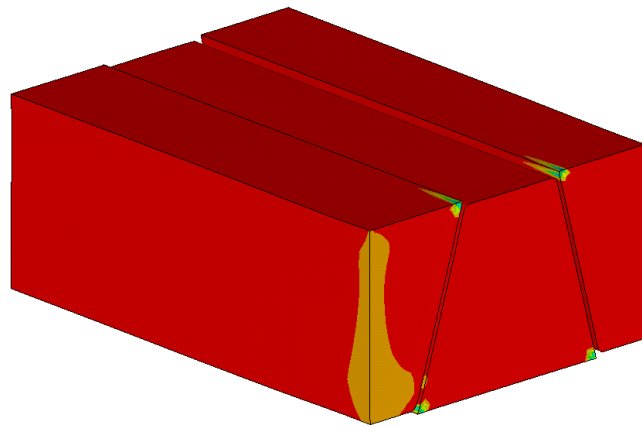


№3

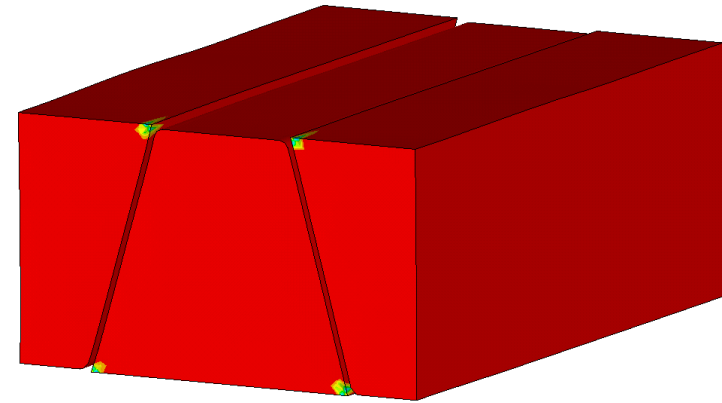
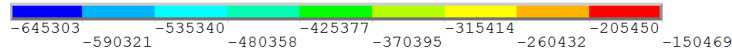
Сжатие вдоль гофр



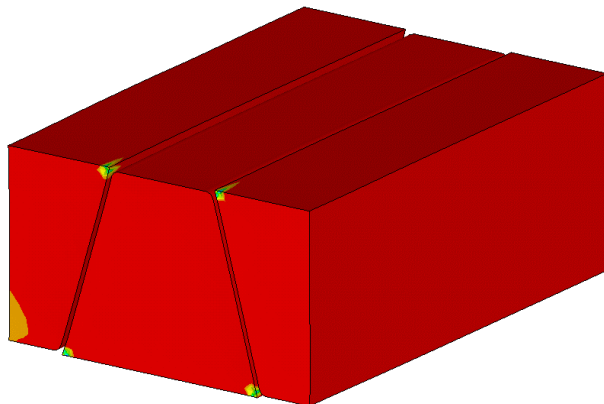
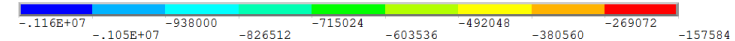
Распределения напряжений σ_z



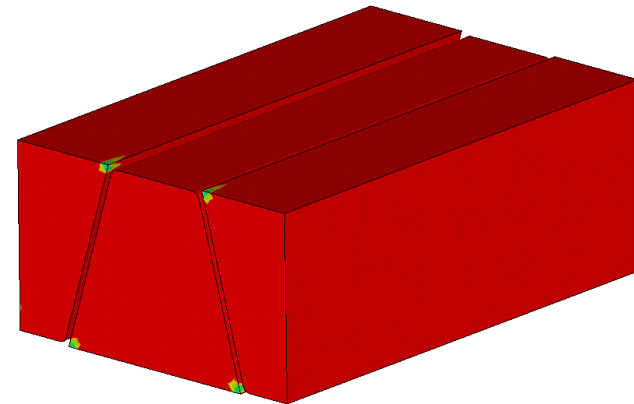
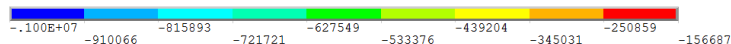
исходная



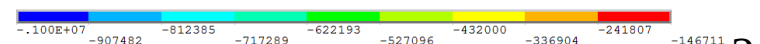
№1



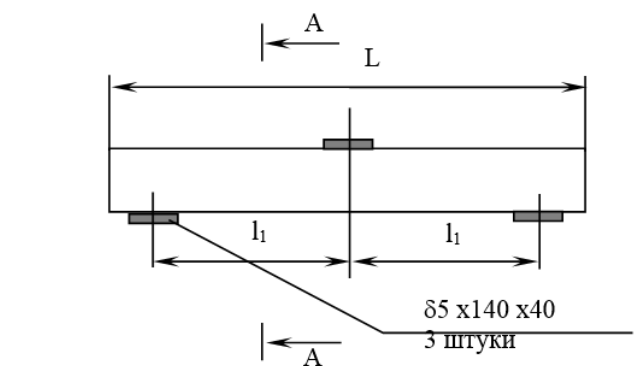
№2



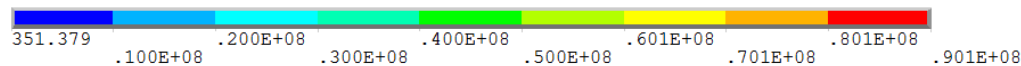
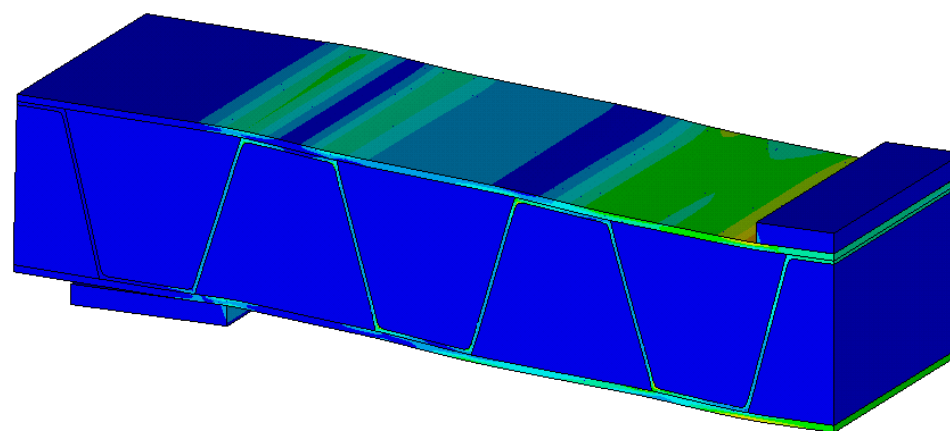
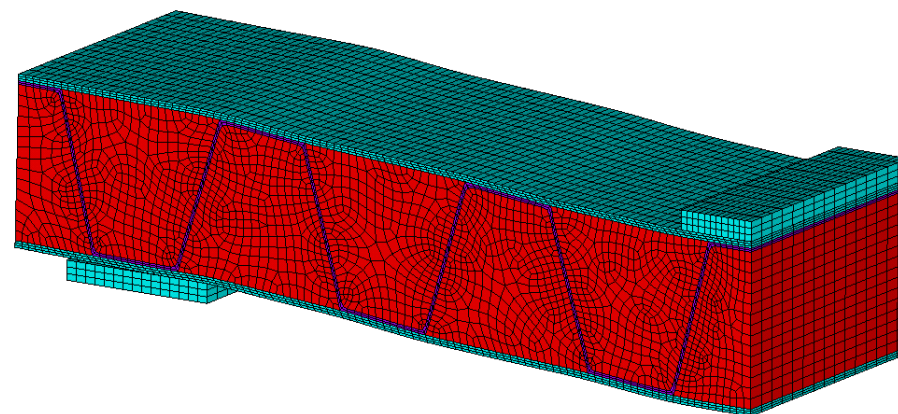
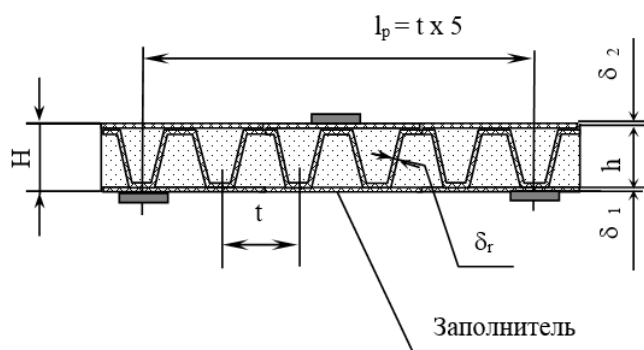
№3



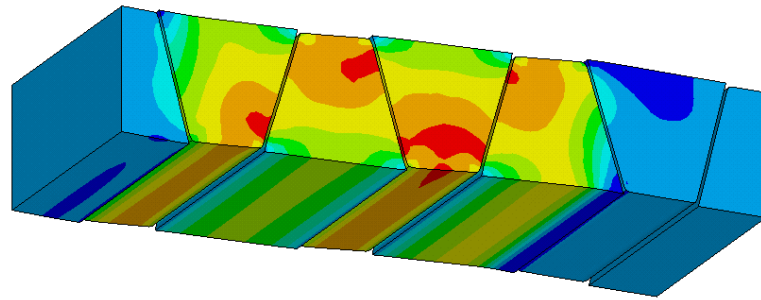
Изгиб поперёк гофр



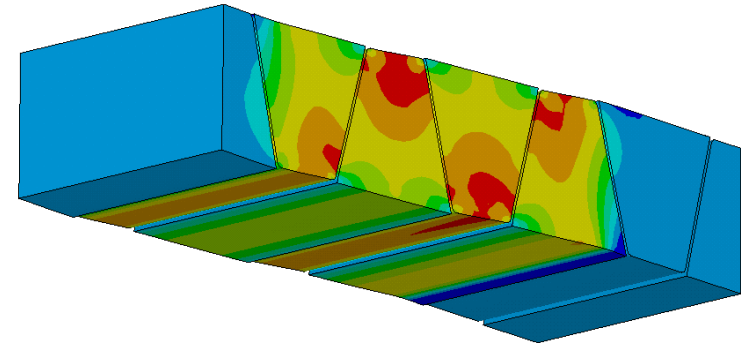
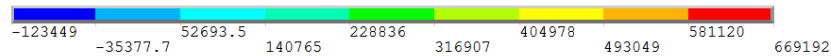
Б - Б



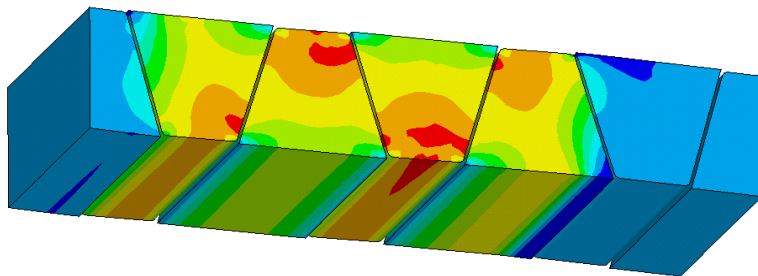
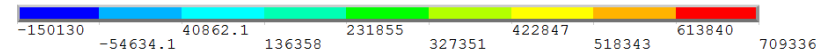
Распределения напряжений σ_{xy}



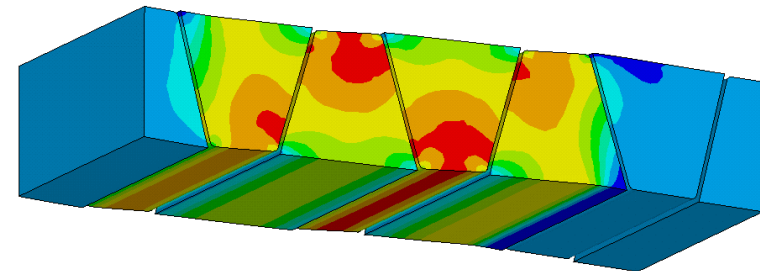
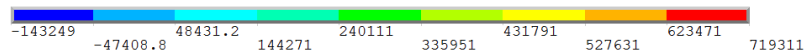
Исходная



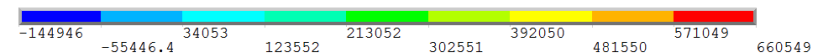
№1



№2

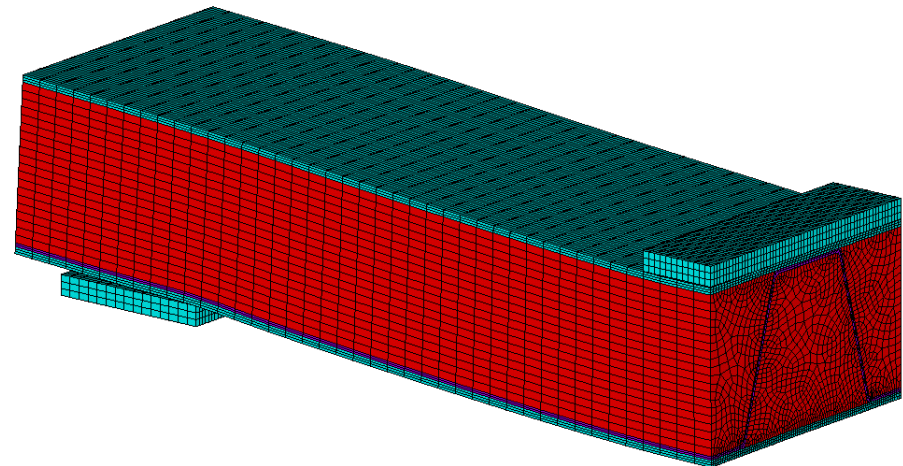
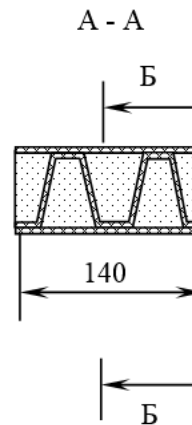
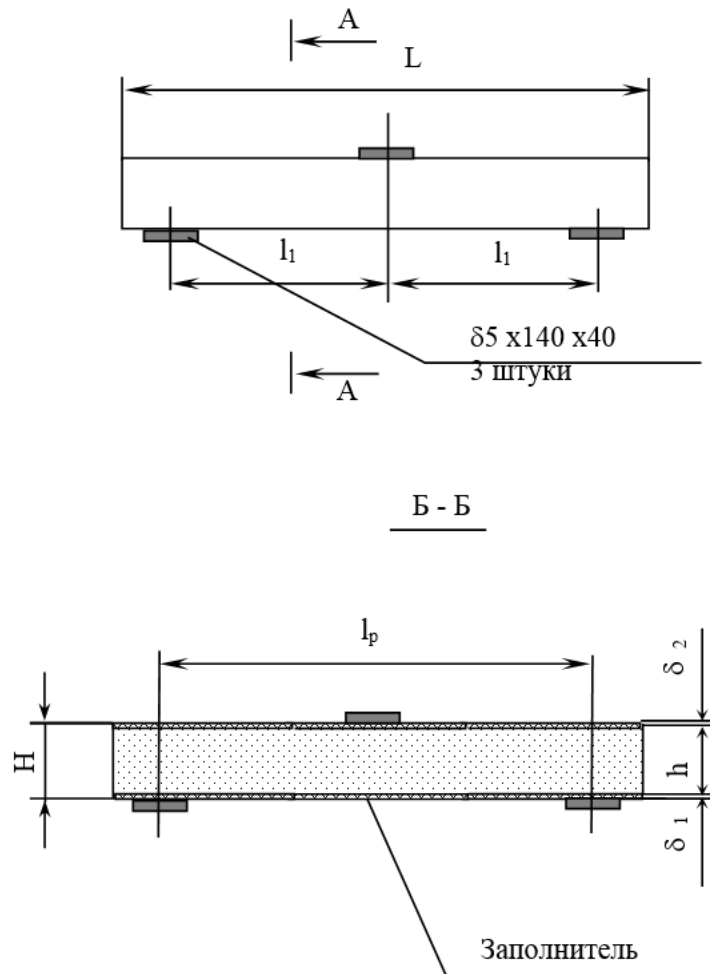


№3



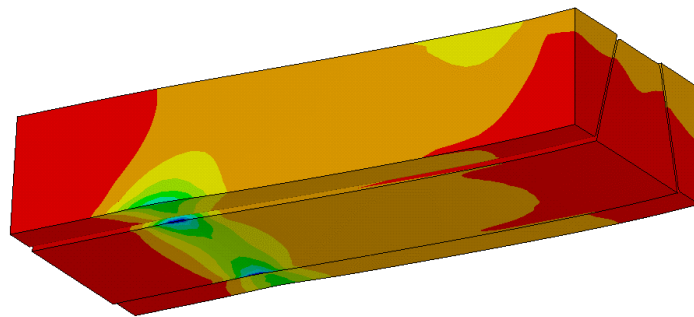


Изгиб вдоль гофр

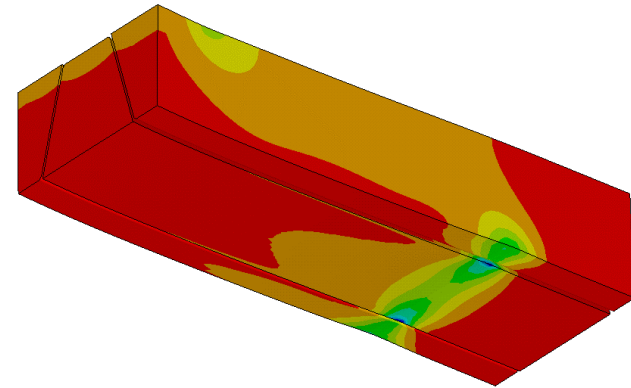
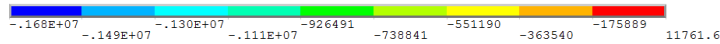




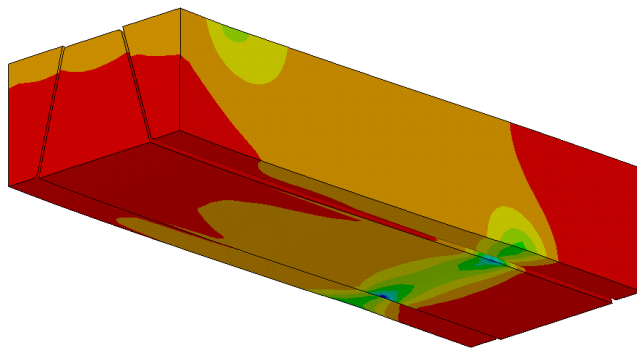
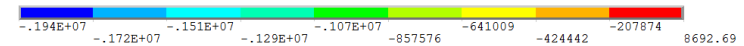
Распределения напряжений σ_z



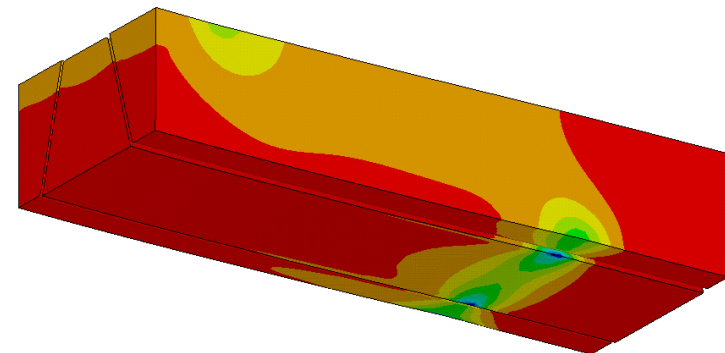
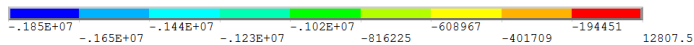
Исходная



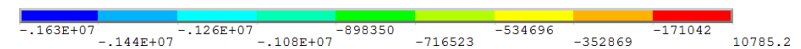
№1



№2

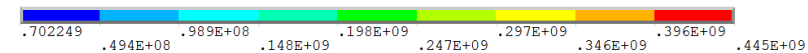
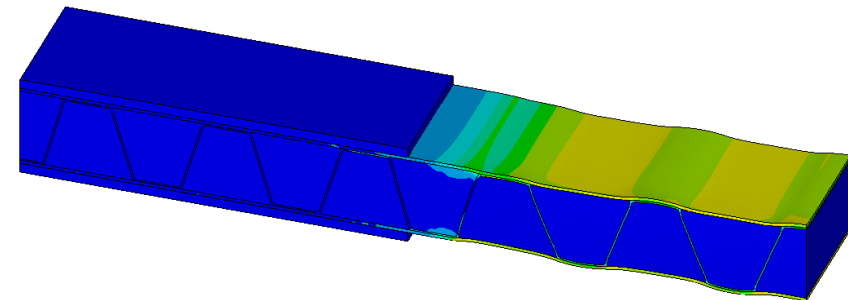
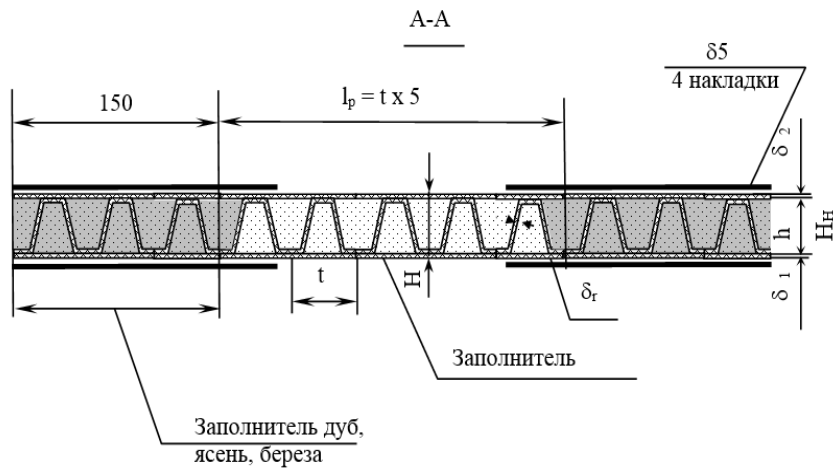
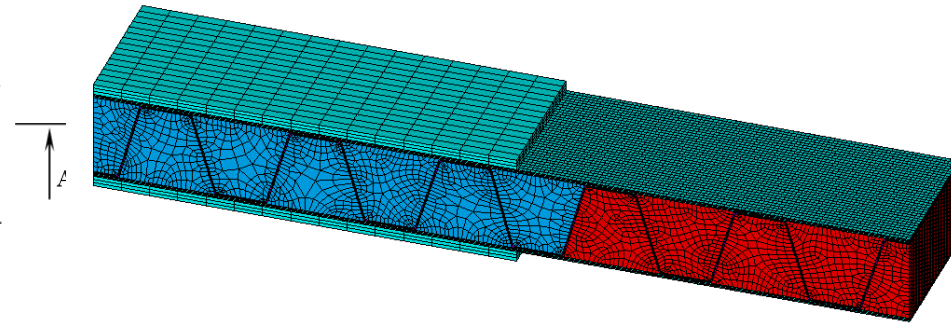
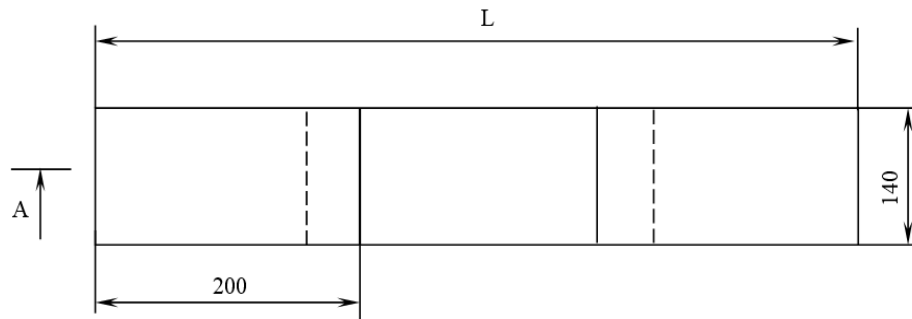


№3

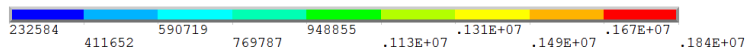
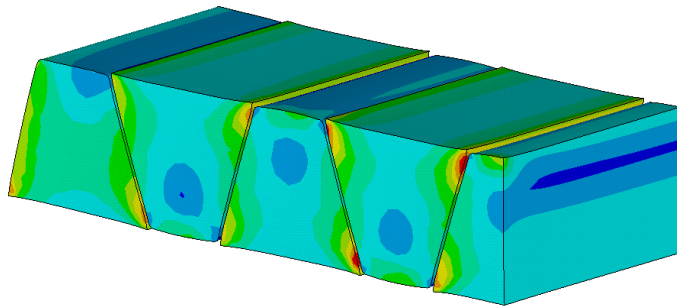




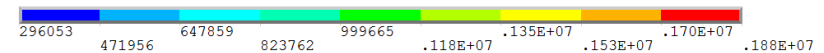
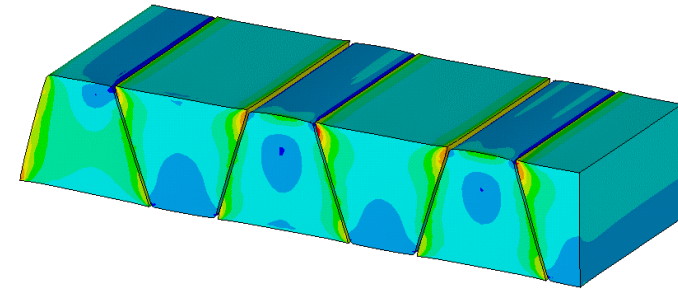
Растяжение



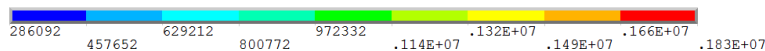
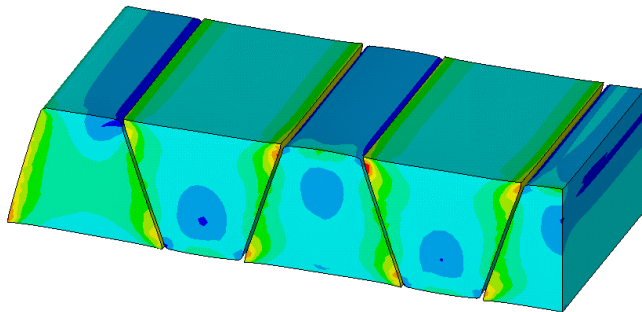
Распределения напряжений σ_1



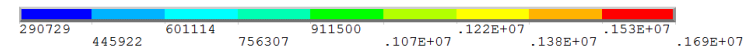
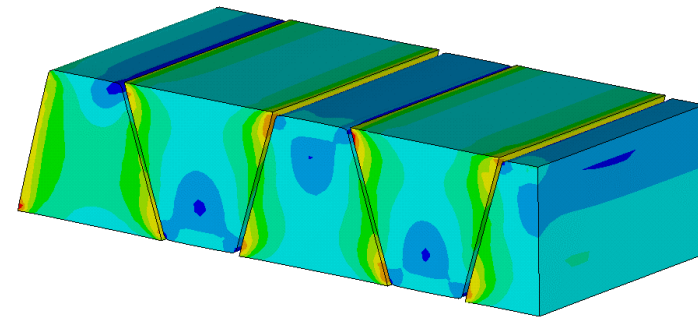
исходная



№1



№2



№3



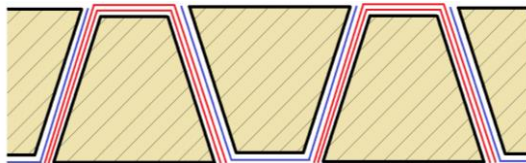
Сравнение модификаций

			Максимальные действующие напряжения, МПа				Доля элементов с напряжениями превышающими предельные, %			
Тип испытания	Предел прочности, МПа	Главные напряжения /компонент напряжения	Исходная панель	Модифицированные панели			Исходная панель	Модифицированные панели		
				№1	№2	№3		№1	№2	№3
Сжатие поперёк гофр	0.45	σ_z	-0.39	-0.29	-0.29	-0.28	0	0	0	0
Сжатие вдоль гофр	0.45	σ_z	-0.65	-0.68	-0.72	-0.54	0.01	0.01	0.6	0.001
Изгиб поперёк гофр	0.4	σ_{xy}	0.67	0.71	0.72	0.66	44.9	52.9	51.3	46.5
	0.45	σ_z	-0.92	-1.01	-0.97	-0.91	44.0	49.3	48.2	44.0
Изгиб вдоль гофр	0.4	σ_{yz}	0.41	0.47	0.48	0.41	0.001	0.07	0.2	0.001
	0.4	σ_{xy}	0.79	0.95	0.90	0.76	0.02	0.007	0.01	0.01
	0.45	σ_z	-1.68	-1.94	-1.85	-1.63	3.9	4.5	4.3	2.5
Растяжение	1.0	σ_1	1.84	1.88	1.83	1.69	7.8	5.0	5.9	6.3
	0.45	σ_z	-0.67	-0.67	-0.65	-0.56	0,3	0,04	0,1	0.007

Выбор модификации

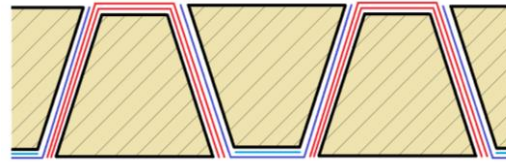
Модификация №1

- + упрощение изготовления
- + полосы стеклоткани одного размера
- + экономия стеклоткани
- меньшая прочность на изгиб



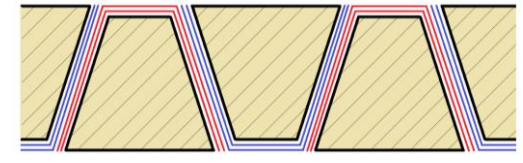
Модификация №2

- + упрощение изготовления
- + экономия стеклоткани
- полосы стеклоткани двух размеров
- незначительное изменение прочности



Модификация №3

- + упрощение изготовления
- + полосы стеклоткани одного размера
- + наибольшая прочность
- большее содержание стеклоткани (на 10%)



Выводы

- Рассмотрена технологическая проблема качества изготовления ТСПКМ
- Предложены модификации среднего слоя ТСПКМ, направленные на решение данной проблемы
- Проведён конечно-элементный анализ прочности панелей ТСПКМ с тремя модификациями среднего слоя
- Выявлена наиболее предпочтительная модификация, обладающая большей расчётной прочностью